

スイッチの 接触抵抗を測る(8)

● 2音バースト波での聴感実験

るかどうか？ もちろん、倍音の具体的な周波数によるでしょうが、微妙なところといえましょう。2 dB の音量の変化は判別できない、という一般的な話を聞いていますが、周波数の組み合わせで一方（たとえば倍音）の強度が変化したときの聴覚の識別能力いかんによって、数値の意味付けが出てくると思います。

といっても、被験者が限られていますので、ここでの結論の一般化を主張するものではありません。

(1) 実験法

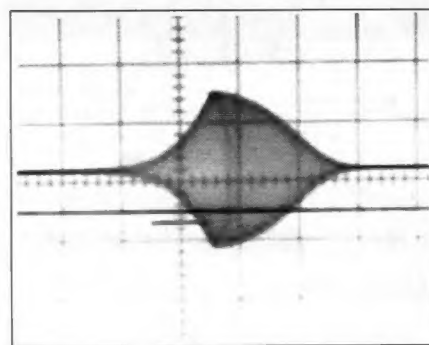
まずその被験者ですが、聴力測定の結果を示しましょう。

第1図ですが、この特性には通称 C5 ディップといわれる 4 kHz の難聴点 (f) が見られます。これは、ヘッドホンやイヤホンによる聴覚の酷使や、杭打機などによる職業病として知られています。刺激周波数と関係なく 4 kHz にディップが起こるものです。

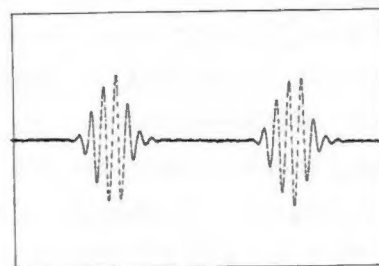
この測定は聴力計によるもので、検査音源は写真 A の波形です（ヘッドホン両端）。第1図横軸のとおり、周波数は飛び飛びの 8 種類になります。写真は 6 kHz のときのものです。この波形が 0.5 秒間隔で繰り返されます。

医者と患者の場合は、患者に応答スイッチが渡され、音が聴こえている間はそれをにぎっていてもらい、聴こえなくなったらゆるめてもらう、という約束をしておきます。

最初は比較的大きな音でスタートし、患者の応答スイッチがにぎられ



《写真 A》聴力検査の音源



《第2図》上の波形がデジタル・オシロではエリヤシングのためこんな形となる

ていることを確認してから、ATT を使って音量を下げていきます。この ATT は 5 dB ステップです。たとえば、4 kHz の時 ATT 40 dB 目盛で応答があったとすれば、第1図のグラフ用紙の 40 dB にマークをつけます。他の周波数では 0~10 dB で応答があったとすれば、おのの周波数の該当 dB 値にマークしていきます。

こんな手順で第1図が出来上がるわけですが、図をよくみると、f 特などの縦軸目盛と土が逆になっています。聴力検査の縦軸は患者の損失程度を表わし、数値が大きいほど損失が大きいと評価するわけです。ATT でいえば、オーディオでは目盛が大きくなれば音量が下がっていきませんが、聴力検査では逆に大きく

2音バースト法と聴感

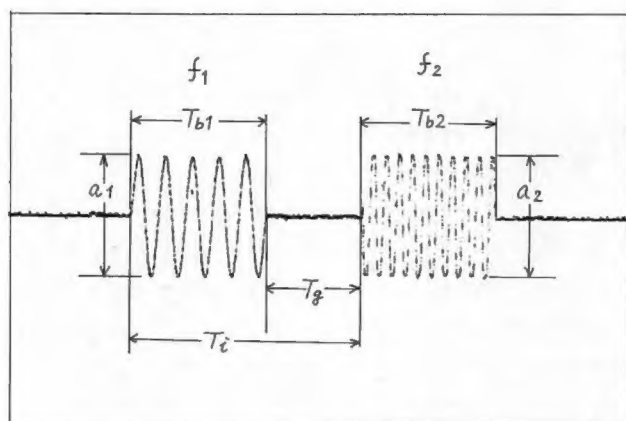
3月号で、バースト2音に対するレスポンスを波高値の比の変化として表わす実験をしました。

2音の振幅の大小比が出力ではどう変わるか、を見たわけです。数値の変化は聴覚的には dB 表示のほうが多少なりとオーディオ向きになりますから、つぎに整理してみます。

3月号第7図から第15図までの数値を dB 変換して、第1表に示しました。いずれも比の変化は 3 dB 前後です。楽音において、基音に対しての倍音の含まれ方が -3 dB 程度変化しているときと、そうでない場合とで音色の変化が聴き分けられ

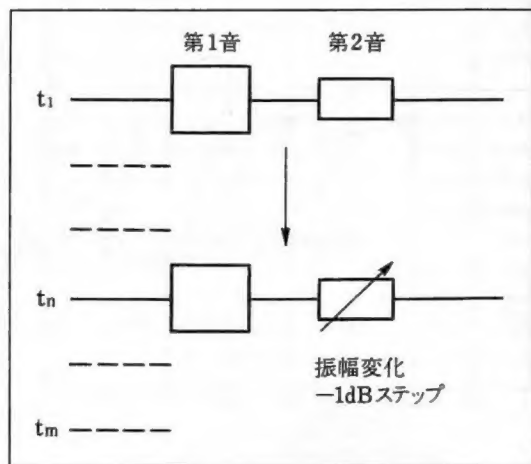
図番	入力 (dB)	残留 (dB)	差	SW 液
7	-19.41	-23.22		×
8	-19.41	-19.33		×
9	-19.41	-24.73		×
10	-14.20	-18.34	-4.14	なし
11	-13.40	-16.42	-3.02	カーボン
12	-13.56	-15.65	-2.09	〃 乾燥
13	-14.33	-17.33	-3.00	〃 再現
14	-16.42	-19.09	-2.67	金
15	-14.11	-16.89	-2.78	再現

《第1表》前回(3月号)での第7~15図での2音の大小の比を dB 表示したもの



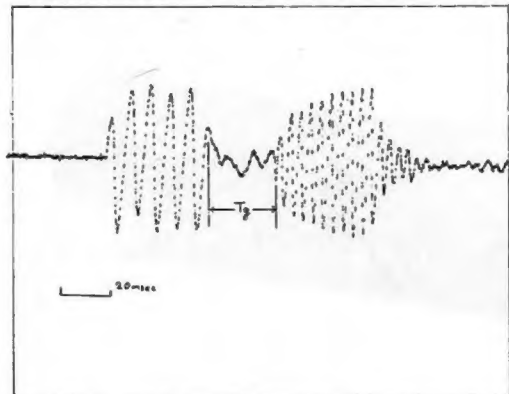
◀第4図▶
2つの信号
音の構成

▶第5図▶
第2音の振幅の変
化をtnで検知で
きるかを調べる



カをとおすことによる刺激音の変化です。第4図はあくまで電気信号源の規定であって、スピーカ特性は入っておりません。したがってスピーカによる刺激“音”の様子は波形表示によることにします。その刺激“音”のチェックは1/2インチ型マイクを使います (f特は10 kHz)。

バースト2音ですので、メータ表示では校正はできません。そこで、バースト発生装置を連続発振に切換えメータを振らせます。同時に、そのマイク・アンプの出力をリードアウト(手動)、オシロでP-P値を読んどきます。これは波形の+ピークを水平線(カーソル)で上下からはさみ、その間隔からP-P値を読むもので、はさみ込みの具合で値の確度は決まりますが、マイク出力でP-Pが変化している場合など、一瞬のピークは除いて値が求められるなどの利点があります。また、上下のカーソルはそのままホールドされていますから、前回の値との比較も容易です。



◀第6図▶ tgが30 msec まではボカッと聴こえる

自動化されたデジタル表示より便利に使っています。

マイク位置はスピーカ(ユニットはRG-W 1, 13リットル密閉箱)の軸上13 cmの点に固定しました。

1 kHz: 95 dB

出力: 6 V P-P

これが基準値です。実際は6 Vを監視して、それからの偏差をdB表示の音圧とします。fが変わってスピーカからの出力が低下した場合、基本的にはATTを調整して音圧を上げます(逆もある)。電気信号の無理な増加でひずんだかどうか、信号源とのリサージュで監視しています。主としてピークの曲ばかり見ているので、この監視法は厳密なひずみの監視ではありません。

音量差が音色差として聴こえる

スイッチ接点では、周波数500 Hz, 1 kHzの2音での3 dB変化は聴き出せませんでした。ここで問題

になるのが、部屋の暗騒音です。夜半の実験ではシーンと静まりかえったという感じで、マイク出力は直接の測定(アベレージ、ロックイン等を使わない)ではシステムのノイズ・レベル以下です。本格的実験では、

(A) ある差(dB値)で感じるかどうかということ

種々の時間的要因、音量的要因との組み合わせで示す方法

(B) 感じる条件を記録する方法が考えられます。

オーディオ的には、2音A, Bを並べた時(時間的に離れた2音差)より、AとBを重ねて一音にしたときのB音の変化と検知の方が興味がありそうです。筆者もどちらかという……です。SW接点用の信号源で3 dB差は感じませんでした。細かくいえば、3 dB差をどう提示するかの問題が関わってきます。

そもそも聴覚は変化を感じ取る器官として備わっているものですが、時間差(時間間隔)が問題になります。ここでは第5図のように2音A, Bを聴きながら、どこでBの振幅を変えた(3 dB)のかわかるか、調べたのです。A=500 Hz, 95 dB(頭の位置はスピーカから約50 cm)、筆者が自分でATTを回して、音の変化を追いました。変化させたという先入感がありますから、さらに一般化への条件が変わってきます。いずれにしても何かの傾向をつかみたい、そんな思いです。

その思いで実験を遊び風に(条件にとらわれず順序だてにお構いなく)やっているうちに、さらに“差”について、

(A) 500 Hz, (B) 1 kHzの2音の間隔が5 msec程度の離れたものでは1音として聴こえ、(B)の3

月	回	内 容	実 験	接点の形式		SW 液	波 形	備 考
				圧 接	スライド			
'03	5	●微小電流の世界＝グリッド電流（接触抵抗と金属表面）	●粗さ計による金属表面の粗さ測定（接触抵抗の経時変化）		電磁式ロータリー 17~19Ω(100μADC)	×	グラフ	
6	2	●銅線断面のアルミ板への接触抵抗（SW液の効果）	●接触圧と抵抗との関係	自作装置		○	ペン・レコーダ	
7	3	●接触点通過電流と接触抵抗の関係（電流小→抵抗大）	●電流 1μA→0.1μAへ（リサーチボタンによる検証とロータリーSWの接触面）	〃		○	グラフ	石塚峻氏：「接点復活剤とは何か」
9	4	●500Hz信号の接触ON/OFF時のパターン＝対接触圧（SW液テスト）	●銀板電極使用した接触圧変化と抵抗（波形変化）	〃		○	○	第6図中：指定線は推定線のミスプリント
11	5	●RCAピンプラグの金メッキ検証と粗さ計測（SW液の役目電力と関連）	●L回路におけるON/OFFと接点間電圧（SW液の効果）	自作装置 リレー回路	○	○	○	浅井武二氏「SW液は火花消去！」
'04	1	●接点火花消去の効用と接触面の粗さ的凹凸の効用（バースト波による検証）	●バースト波、楽音によるSW液効果の波形的検証（差動増幅の応用）		○	○	○	
3	7	●バースト2音波と差動増幅によるSW液有無の検証	●2音バースト波の発生と両波のレシヨによる現象の検証法		○	○	○	

〈第3表〉“接点シリーズ”で測定した実験内容の一覧表

パーツ	種 別	抵 抗	備 考
RCA ピン	金メッキ・ピン	13.4 mΩ	
	銀メッキ・ピン	12.2 mΩ	
ターミナル	ゆるい締付け	7.1 mΩ	500 Hz/1 A にて大差なし
	きつい締付け	6.5 mΩ	10 A でも大差なし

〈第2表〉

RCA ピン・ジャックと SP 用ターミナルの抵抗値例。意外にその差は小さい

dB 変化でも“音色の変化”として検知できる

ことが確認できました。

前述の 2 dB 変化が検知できないという話は、音楽を聴きながら音量を 2 dB 上げ下げしても音量感が変わらないということからきていますが、倍音の変化による音色感の変化は 500, 1000 Hz の組み合わせでも検知できることも確認されました。周波数の組み合わせである倍音の変化が言葉の表現（ニュアンス）に最もよく活用されているのか、と思っています（第6図）。

言葉として表現すると

この 2 音の 500 Hz と 1 kHz をそのまま、 T_g を変えると、“言葉”になります。1 秒間隔で 500 Hz, 5 波バーストを聴くと“ポッポッ”と聴こえ、1 kHz 10 波バーストだけでは“カッ”と聴こえます。2 音同時に聴くと“ポカッ”となります。“ポッカッ”とはなりません。

ただし“ポカッ”となるためには条件があります。第4図で定義した

T_g がモノをいいます。2 音間の時間的ギャップです。もちろん十分に離れれば別々な音となります。80~90 msec で“ポカッ”という自然な“言葉”になります。 T_g を短くしていくと、威勢のいい“ポカッ”となっていきますが、30 msec オーダーになると、1 つの音になってしまいます。

実験しながら（遊びながら）おもしろい発見をしました。その時の波形を示しておきます。第6図です。これは 1 つの音として聴こえた状態です（ T_g : 30 msec 台）。

ただ、これは 2 音の刺激が言葉を連想させた結果であり、外国人が聴けばただ 2 つの“音”になってしまうかもしれません。筆者もはじめのうちは言葉を連想しませんでした。あるときから“ポカッ”と連想ができ上がると、こんどはそれから離れられなくなってしまいます。

別な経験では、曖昧な連想でこうも聴こえる、ああも聴こえる式に定まらない場合もありました。以前、この散歩道で紹介したとおもいますが、窓越しに聴くスピーカの呼び出

し音で、

●七時→一時

●外線です！→たいへんです

に聴こえたりしました。欠けた子音を勝手に補って連想（とっていいかどうか？）した結果でしょう。楽音から想起される感情の起伏も、倍音の欠如（変化）で別な感情の起伏や連想（当人の記憶内容との関連）が考えられます（音色の変化）。

最後に、飛び飛び 1 年がすぎてしまいました。筆者の職場環境が変わったことから完全連載でなくなったこと、時間の関係で十分実験をつくせなかったことをお詫びします。

接触抵抗について編集部から“ターミナルなど手軽に使っている部品での、接触抵抗をみてほしい”旨の依頼がありました。最後の実験として、1 年間の実験整理表とともに示しておきます（第2表）。

多分このあたりの研究は音響心理、放送、メーカーなどでとっくにすんでいることかとおもいますが、筆者はその辺を調べずに 2 音法の延長で音響（心理）に滑り込んだ次第で、読者のご指摘がいただければ幸いです。実験は、たとえ混乱しても、少し続けます（ご指摘を期待しつつ）。この辺で接点抵抗の問題のまとめをしておきます（第3表）。